

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 08 OCT 2004

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 37 029.3

Anmeldetag: 12. August 2003

Anmelder/Inhaber: Federal-Mogul Wiesbaden GmbH & Co KG,
65201 Wiesbaden/DE

Bezeichnung: Schichtverbundwerkstoff, Herstellung und
Verwendung

IPC: F 16 C, B 32 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 6. April 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stremme

Stremme

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

F 1795
08. August 2003
AEW / HUE

Federal-Mogul
Wiesbaden GmbH & Co.KG
Stielstraße 11
65201 Wiesbaden
Deutschland

**Schichtverbundwerkstoff,
Herstellung und Verwendung**

Schichtverbundwerkstoff, Herstellung und Verwendung

Beschreibung:

Die Erfindung betrifft einen Schichtverbundwerkstoff, insbesondere für Gleitlager oder Buchsen, mit einer Trägerschicht, einer Lagermetallschicht aus einer Kupferlegierung oder einer Aluminiumlegierung, einer Nickel-Zwischenschicht und einer Gleitschicht. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung dieses Schichtverbundwerkstoffes, die Herstellung von Gleitlagern oder Buchsen sowie Verwendungen des Schichtverbundwerkstoffes.

Klassische Schichtverbundwerkstoffe mit dem Aufbau Stahlrücken als Trägerschicht, Bleibronze als Lagermetallschicht und Gleitschicht aus Blei-Zinn-Kupfer, wie sie beispielsweise in Glyco-Ingenieurberichte 1/91 beschrieben werden, haben sich durch hohe Zuverlässigkeit und mechanische Belastbarkeit bewährt. Die Gleitschicht wird dabei galvanisch abgeschieden. Es handelt sich bei ihr um eine multifunktionale Schicht, in die Fremdpartikel eingebettet werden können, die als Korrosionsschutz dient, die Notlaufeigenschaften zeigt und insbesondere für den Einlauf bzw. die Anpassung der Gleitpartner geeignet ist.

Auch die Lagermetallschicht weist hinreichende Notlaufeigenschaften für den Fall auf, dass die Gleitschicht zumindest stellenweise völlig abgetragen ist.

Die klassischen Schichtverbundwerkstoffe weisen eine Gleitschicht auf Bleibasis auf. Eine gängige Legierung ist z.B. $\text{PbSn}_{10}\text{Cu}_2$. Derartige

Gleitschichten weisen niedrige Härten um 12 – 15 HV (Vicker's Härte) auf. Daher besitzen sie gute Einbettfähigkeit und sind fressunempfindlich. Aus Arbeitsschutz- und Umweltschutzgründen ist es allerdings wünschenswert, das Schwermetall Blei durch andere geeignete Werkstoffe zu ersetzen.

Ein Ansatz besteht darin, in hoch belasteten Lagerungen harte Schichten als Gleitschichten einzusetzen. Z.B. werden durch PVD-Verfahren (physical vapor deposition) Aluminium-Zinn-Schichten mit Härten um 80 HV abgeschieden. Diese sind bleifrei, allerdings in der Herstellung sehr teuer. Derartige Lager sind sehr verschleißbeständig. Sie besitzen aber kaum Einbettfähigkeit und werden daher meist mit weichen bleihaltigen Schichten als Gegenschale kombiniert. Allerdings ist es wünschenswert, auch bei Gegenschalen Blei durch andere Werkstoffe zu ersetzen.

Es ist versucht worden, reines Zinn als Gleitfläche zu verwenden. Mit einer Härte von ungefähr 10 HV ist es allerdings noch weicher als die konventionellen Bleilegierungen und vermag daher die Belastungen, die z.B. in Kurbelwellenhaupt- und Pleuellagern entstehen, nicht aufzunehmen.

In der DE 197 28 777 A1 wird ein Schichtverbundwerkstoff für Gleitelemente beschrieben, dessen Gleitschicht aus einer bleifreien, Zinn und Kupfer aufweisenden Legierung besteht, wobei der Kupferanteil 3 – 20 Gew.-% und der Zinnanteil 70 – 97 Gew.-% beträgt. Diese Gleitschicht wird mit Hilfe eines methylsulfonsauren Elektrolyten mit Kornfeinungszusätzen galvanisch abgeschieden. Die so erzeugte Gleitschicht besitzt die Eigenschaft ternärer Bleibasis-Gleitschichten. In der DE 197 28 777 A 1 wird ferner vorgeschlagen, zur weiteren Verbesserung der Verschleißfestigkeit im Elektrolytbad dispergierte Hartstoffteilchen vorzusehen, die in die Schicht eingebaut werden. Dies

ist aber mit zusätzlichem Aufwand und Kosten verbunden. Zwischen dem Lagermetall und der Gleitschicht kann eine 1 – 3 µm dicke Nickelschicht zusammen mit einer 2 – 10 µm dicken Nickel-Zinnschicht als Diffusionssperrschicht vorgesehen sein.

In der DE 197 54 221 A1 ist ein Schichtverbundwerkstoff mit einer Gleitschicht mit 3 – 30 Gew.-% Kupfer, 60 – 97 Gew.-% Zinn und 0,5 – 10 Gew.-% Kobalt offenbart. Dadurch wird eine weitere Erhöhung der mechanischen Belastbarkeit erreicht und eine Versprödung der Bindungsschicht zwischen Gleitschicht und Nickeldiffusionssperrschicht verhindert. Durch das Kobalt wird die Diffusionsneigung des Zinns zum Nickel vermindert. Durch die Zulegierung des Kobalts wird allerdings der galvanische Abscheidungsprozess komplexer, was die Prozesssicherheit verringert. Im übrigen kann wie in der DE 197 28 777 A1 die 1 – 3 µm dicke Nickelschicht mit einer 2 – 10 µm dicken Nickel-Zinnschicht als Diffusionssperre kombiniert werden.

In der EP 1 113 180 A2 wird ein Schichtverbundwerkstoff für Gleitlager beschrieben, dessen Gleitschicht eine Zinnmatrix besitzt, in die Zinn-Kupfer-Partikel eingelagert sind, die aus 39 – 55 Gew.-% Kupfer und Rest Zinn bestehen. Charakteristisch für den Schichtverbundwerkstoff ist außerdem, dass nicht nur eine Zwischenschicht aus Nickel einer Dicke von 1 – 4 µm vorgesehen ist, sondern zwischen der Nickel-Zwischenschicht und der Gleitschicht eine zweite Zwischenschicht einer Dicke 2 – 7 µm aus Zinn und Nickel angeordnet ist. Mittels den Zwischenschichten aus Nickel und Zinn-Nickel wird ein sich selbst an die Belastung anpassendes System erzeugt, bei dem sich je nach thermischen Bedingungen durch ein Wachstum der Zinn-Nickel-Schicht die Belastbarkeit erhöht. Aus diesem Schichtverbundwerkstoff lassen sich Produkte für höhere Belastungen in modernen, hoch aufgeladenen Dieselmotoren herstellen. Durch die zusätzliche Schicht ist aber ein

höherer prozesstechnischer Aufwand bei der Herstellung des Schichtverbundwerkstoffes und damit höhere Kosten verbunden.

Aus der DE 100 32 624 A1 ist ein Gleitlager aus einem Lagermetall und einer Laufschrift aus Wismut oder Wismutlegierung bekannt, die verbesserte Kompatibilität und Ermüdungsfestigkeit aufweisen soll. Ausschlaggebend ist eine besondere Vorzugsorientierung der Wismutkristalle, die gegenüber einer statistischen Orientierung der Kristalle und gegenüber Einkristallen eine verringerte Sprödigkeit und verbesserte Anpassungsfähigkeit besitzen soll. Als mögliche Legierungen wird auf Legierungen des Wismuts mit weichen Materialien wie Zinn, Indium, Antimon und dergleichen hingewiesen. Diese beinhalten jedoch die Gefahr, dass bei Inhomogenitäten der Verteilung dieser Materialien in der Matrix, d.h. bei Konzentrationsschwankungen, niedrig schmelzende Eutektika gebildet werden. Daher sollen die Zusätze auf maximal 5 Gew.-% begrenzt werden. In der Praxis hat sich allerdings herausgestellt, dass die Eutektikumbildung sogar bereits unterhalb der 5 Gew.-%- Grenze auftritt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden.

Gelöst wird die Erfindung durch einen Schichtverbundwerkstoff gemäß Anspruch 1. Ferner wird die Aufgabe gelöst durch Herstellungsverfahren gemäß Anspruch 9 und 12 sowie Verwendungen gemäß den Ansprüchen 15 und 16.

Es hat sich herausgestellt, dass das Vorhandensein von weiteren Phasen aus Kupfer und/oder Silber in der Wismutmatrix die Verschleißfestigkeit erhöht. Obwohl die Gleitschicht kein Blei enthält, weist sie eine vergleichbare bis bessere spezifische Belastbarkeit und

Verschleißigenschaften auf als bei herkömmlichen Schichten auf Bleibasis. Die Gleitschicht des erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoffes ist anpassungsfähig und zeigt eine hohe Einbettfähigkeit für Schmutzpartikel. Besonders vorteilhaft ist, dass sich keine niedrig schmelzenden Eutektika in der Gleitschicht ausbilden.

Genauere Untersuchungen haben außerdem gezeigt, dass sich Lager aus diesem Schichtverbundwerkstoff nach dem Einlauf auf der zunächst noch relativ weichen Gleitschicht durch die Erwärmung im Betrieb selbst stabilisieren und eine höherfeste Oberfläche ausbilden. Dies geschieht durch die Ausbildung einer Wismut und Nickel enthaltenden Schicht durch Diffusion des Nickels in die im Wesentlichen aus Wismut bestehende Gleitschicht. Die daraus resultierende Gleitfläche ist hochbelastbar und verschleißfest. Indem eine mindestens ca. 4 µm dicke Nickelschicht vorgehalten wird, wird gewährleistet, dass die Nickelschicht auch nach der Einlaufphase nicht vollständig umgesetzt wird.

Die Metalle Kupfer und Silber können einzeln oder in Kombination in der Wismutmatrix vorhanden sein. Ihr Gesamtanteil sollte zwischen ca. 0,5 und 20 Gew.-% betragen. Vorteilhafterweise sollte der Gesamtgehalt von Kupfer und/oder Silber zwischen ca. 2 und 8 Gew.-% betragen.

Die Gleitschicht sollte vorteilhafterweise eine Schichtdicke von ca. 5 – 25 µm aufweisen. Besonders bevorzugt sind Schichtdicken von ca. 4 – 6 µm für die Nickelzwischenschicht und von ca. 6 – 14 µm für die Wismutgleitschicht. Bei Schichtdicken in diesen Größenordnungen wird gewährleistet, dass weder die Nickelschicht noch die Gleitschicht auf Wismutbasis diffusionsbedingt vollständig umgesetzt werden. Dies würde zu Haftungsproblemen bzw. ungewollten Wechselwirkungen zwischen dem in der Gleitschicht enthaltenen Wismut und dem

Lagermetall führen, z.B. bei blei- und zinnhaltigem Lagermetall zu Eutektikumbildung mit sehr niedrigen Schmelzpunkten.

Vorteilhafterweise handelt es sich bei den Lagermetallen um Kupfer-Aluminium-, Kupfer-Zinn-, Kupfer-Zinn-Blei-, Kupfer-Zink-, Kupfer-Zink-Silizium-, Kupfer-Zink-Aluminium-, Kupfer-Aluminium-Eisen- oder Kupfer-Zinklegierungen. Bevorzugt sind Lagermetalle auf Kupfer- oder Aluminiumbasis, d.h. deren Kupfer- oder Aluminiumanteil zwischen 50 und 95 Gew.-% liegt.

Erfindungsgemäß wird der Schichtverbundwerkstoff dadurch hergestellt, dass auf einen Verbund aus Träger-, Lagermetall- und Nickelzwischenschicht die Gleitschicht aus einem methansulfonsauren Elektrolyten, wie er in Anspruch 9 spezifiziert ist, abgeschieden wird, wobei der Elektrolyt ein nicht ionisches Netzmittel und ein eine Karbonsäure beinhaltendes Kornverfeinerungsmittel enthält. Als Antioxidationsmittel ist im Elektrolyten Resorcin vorhanden. Soll die Gleitschicht auch Silber enthalten, muss Thioharnstoff als Komplexbildner beigelegt werden. Thioharnstoff verschiebt die Abscheidungspotentiale dahingehend, dass Silber und Wismut zusammen abgeschieden werden können.

Als Kornverfeinerer wird vorzugsweise ein Mittel auf der Basis von einem Acrylsäurederivat und Alkylarylpolyglycolether verwendet. Unter der Bezeichnung Zusatz L, Cerolyt BMM/T wird ein derartiger Kornverfeinerer von der Firma Enthone OMI vertrieben.

Das nichtionische Netzmittel ist vor allen Dingen bei kupferhaltigen Gleitschichten von Bedeutung. Es soll unkontrollierte Kupferabscheidungen insbesondere auf dem Lagerrücken verhindern. Besonders bewährt haben sich nichtionische Netzmittel auf der Basis von Arylpolyglycolether und/oder Alkylarylpolyglycolether. Derartige

nichtionische Netzmittel werden von der Firma Enthone OMI unter der Bezeichnung Zusatz N, Cerolyt BMM-T vertrieben.

Die erfindungsgemäßen Gleitlager oder Buchsen weisen den großen Vorteil auf, dass sich beim Einlauf unter den Betriebsbedingungen eine Interdiffusionsschicht aus Wismut und Nickel ausbildet, die die Verschleißfestigkeit erhöht. Es besteht die Möglichkeit, das Entstehen der Interdiffusionsschicht durch künstliches Altern der Gleitlager oder Buchsen zu fördern. Besonders bewährt hat sich dabei eine Wärmebehandlung bei ca. 150° – 170°C, die sich über mehrere Stunden bis einige Tage erstreckt.

Der erfindungsgemäße Schichtverbundwerkstoff eignet sich besonders zur Herstellung von Kurbelwellenhauptlagern und von Pleuellagern, insbesondere für das große Pleuellauge.

Die Erfindung soll anhand eines Beispiels und von Figuren näher erläutert werden.

Es zeigen:

Figuren 1a+b einen Schnitt durch die Lagermetallschicht, Nickelzwischenschicht und Gleitschicht eines erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoffes;

Figuren 2a,b einen Schnitt durch ein aus dem erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoff bestehendes Lager nach der Einlaufphase und

Figur 3 die an dem Lager gemäß Figur 2a durch energiedispersive Röntgenanalyse ermittelte Elementverteilung.

Auf ein vorgefertigtes Lager aus einem Verbund aus Stahl und einem Lagermetall aus CuPb22Sn wird nach entsprechender Vorbehandlung eine Nickeldiffusionssperrschicht aus einem Watt's Nickelelektrolyten aufgebracht.

Auf die so erzeugte Nickelzwischenschicht wird die Gleitschicht auf Wismutbasis galvanisch abgeschieden. Dafür wird folgendes Elektrolytssystem auf wässriger Basis eingesetzt:

Bi ³⁺ als Wismutmethansulfonat	30 – 40 g/l
Cu ²⁺ als Kupfermethansulfonat	1 – 5 g/l
Ag ⁺ als Silbermethansulfonat	0,1 – 2 g/l
Methansulfonsäure	150 – 200 g/l
Zusatz „N“ (Cerolyt BMM-T)	50 – 70 g/l
Zusatz „L“ (Cerolyt BMM-T)	10 – 20 g/l
Resorcin	2 – 3 g/l
Thioharnstoff	30 – 150 g/l

Bei Weglassen von Silbermethansulfonat sollte auch der Thioharnstoff weggelassen werden.

Als Anodenmaterial kommt Wismut zum Einsatz. Die Badtemperatur zur Abscheidung der Gleitschicht liegt bei 15 – 40°C. Als Stromdichte werden $1,5 - 4 \times 10^{-2} \text{ A/m}^2$ eingesetzt. Die Distanz Anode zu Kathode beträgt maximal 350 mm. Das Oberflächenverhältnis Anode zu Kathode sollte im Wesentlichen bei 1:1 (+/- 10%) liegen.

Die Figur 1a zeigt die Schichtstruktur des wie oben beschrieben unter Weglassen von Silbermethansulfonat und Thioharnstoff erhaltenen Schichtverbundwerkstoffes als Schnittbild und Figur 1 b zeigt sie als Prinzipskizze. Mit 1 ist dabei die Gleitschicht aus Kupfer-Wismut einer

Dicke von 10,3 μm bezeichnet, mit 2 die Nickel-Zwischenschicht einer Dicke von 4,2 μm und mit 3 das Lagermetall aus CuPb22Sn.

In Figur 2a ist ein Lager aus dem in Figur 1a gezeigten Schichtverbundwerkstoff nach Einstellung des Betriebszustandes, d.h. nach der Einlaufphase als Schnittbild und in Figur 2b als Prinzipskizze gezeigt. Dazu wurde das Lager 500 h lang bei 150°C wärmebehandelt. Durch Diffusion ist die mit 4 bezeichnete Wismut-Nickel-Schicht einer Dicke von 8,5 μm entstanden, die zu einer belastbareren und verschleißfesteren Gleitfläche führt. Dass es sich um eine Wismut-Nickel-Schicht handelt, wird durch die in Figur 3 dargestellten Ergebnisse einer energiedispersiven Röntgenanalyse bestätigt. Die Abstände auf der X-Achse stimmen mit den entsprechenden Schichtdicken in Figur 2a überein. Die Gleitschicht 1 und die Nickelschicht 2 haben nun geringere Dicken von 3,6 μm respektive 2,4 μm .

Zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von Lagern, die aus dem erfindungsgemäßen Schichtverbundwerkstoff hergestellt werden, wurden Underwood-Tests durchgeführt. Hierbei rotiert eine Welle mit Exzentergewichten in starr montierten Pleuelstangen. Die Lagerung in den Pleuelstangen wird durch die Prüflager gebildet. Die Prüflager haben eine Wanddicke von 1,4 mm und einen Durchmesser von 50 mm. Über die Lagerbreite wird die spezifische Belastung eingestellt. Die Drehzahl beträgt 4000 Umdrehungen/min. Es wurden die Gleitschichtermüdung und der Verschleiß nach 250 h Dauerlauf gemessen. Die in diesem Test erzielten Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt (Beispiel-Nrn. 5 – 8). Zum Vergleich sind auch die Werte angegeben, die mit Werkstoffen nach dem Stand der Technik (Beispiele 1 – 4) erreicht werden.

Wie sich den in Tabelle 1 aufgeführten Ergebnissen entnehmen lässt, sind die Lager aus erfindungsgemäßem Schichtverbundwerkstoff den herkömmlichen Lagern mit einer Gleitschicht auf Bleibasis bezüglich Gleitschichtermüdung, Verschleiß und maximaler Last bis zum Totalverschleiß deutlich überlegen. Lager mit erfindungsgemäß dicker Nickel-Zwischenschicht weisen bei gleicher Deckschicht gegenüber solchen mit dünnerer Nickel-Zwischenschicht eine deutlich höhere Belastungsgrenze auf (vgl. Beispiele 4,5) Durch zusätzliche Verwendung von Silber und Kupferzusätzen wird gegenüber reinen Wismutgleitschichten (Beispiele 5-8) die Verschleißfestigkeit signifikant verbessert

Tabelle 1

	Stand der Technik					erfindungsgemäß		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Bsp.-Nr.	1							
Zusammensetzung	PbSn5Cu2	PbSn10Cu5	PbSn14Cu8	Bi	Bi	BiCu3	BiAg5	Bi Cu2Ag2
Dicke der Ni-Schicht in µm	1	2	1,5	1,5	5	4,5	6	5
max. Last in MPa ohne Gleitschicht-ermüdung	52,5	60	65	50	75	77,5	80	80
Verschleiß in µm bei 60MPa	15	11	9	8	3	2	2	3
max. Last in MPa bis Total-verschleiß der Gleitschicht	60	67,5	80	75	82,5	92,5	95	95

Patentansprüche:

1. Schichtverbundwerkstoff, insbesondere für Gleitlager oder Buchsen, mit einer Trägerschicht, einer Lagermetallschicht (3) aus einer Kupferlegierung oder einer Aluminium-Legierung, einer Nickel-Zwischenschicht (2) und einer Gleitschicht (1), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gleitschicht (1) aus ca. 0 – 20 Gew.-% Kupfer und/oder Silber und Rest Wismut besteht und die Schichtdicke der Nickelschicht mehr als 4 µm beträgt.
2. Schichtverbundwerkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gleitschicht (1) mindestens ca. 0,5 Gew.-% Kupfer und/oder Silber aufweist.
3. Schichtverbundwerkstoff nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gleitschicht (1) aus ca. 2 – 8 Gew.-% Kupfer und/oder Silber und Rest Wismut besteht.
4. Schichtverbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schichtdicke der Gleitschicht (1) ca. 5 – 25 µm beträgt.
5. Schichtverbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schichtdicke der Gleitschicht (1) ca. 6 – 14 µm beträgt.
6. Schichtverbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schichtdicke der Nickelschicht (2) ca. 4 – 6 µm beträgt.

7. Schichtverbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lagermetallschicht (3) aus einer Kupfer-Aluminium, Kupfer-Zinn, Kupfer-Zinn-Blei, Kupfer-Zink, Kupfer-Zink-Silizium, Kupfer-Zink-Aluminium, Aluminium-Zink oder Kupfer-Aluminium-Eisen-Legierung besteht.
8. Schichtverbundwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 7, der einem Alterungsprozess unterworfen wurde und zwischen der Nickel-Zwischenschicht und der Gleitschicht eine Interdiffusionsschicht aus im wesentlichen Wismut und Nickel aufweist.
9. Verfahren zur Herstellung des Schichtverbundwerkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 8 durch galvanisches Abscheiden, bei dem die Gleitschicht aus einem Elektrolytsystem auf wässriger Basis folgender Zusammensetzung abgeschieden wird:
- | | |
|--|-----------------------|
| Wismutmethansulfonat | 20 – 100 g/l |
| Kupfermethansulfonat | 0,1 – 30 g/l und/oder |
| Silbermethansulfonat | 0,1 – 2 g/l |
| Methansulfonsäure | 80 – 250 g/l |
| nichtionisches Netzmittel | 20 – 100 g/l |
| Kornverfeinerer | 5 – 40 g/l |
| Resorcin | 1 – 4 g/l |
| bei Zugabe von Silbermethansulfonat zusätzlich | |
| Thioharnstoff | 30 – 150 g/l. |
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kornverfeinerer auf Basis eines Acrylsäurederivat und Alkylarylpolyglycolether ist.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das nichtionische Netzmittel auf Arylpolyglycolether und/oder Alkylarylpolyglycolether basiert.
12. Herstellung von Gleitlagern oder Buchsen mit folgenden Schritten:

Aufbringen einer Kupferlegierung oder einer Aluminiumlegierung als Lagermetallschicht auf eine Trägerschicht;

Vereinzeln und Umformen des Schichtverbundwerkstoffes

Aufbringen einer Nickel-Zwischenschicht auf die Lagermetallschicht;

galvanisches Abscheiden einer Gleitschicht auf die Nickel-Zwischenschicht gemäß dem Verfahren nach Anspruch 9 bis 11;
13. Herstellung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gleitlager oder Buchsen mehrere Stunden bis einige Tage wärmebehandelt werden.
14. Herstellung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur bei der Wärmebehandlung 150-170°C beträgt
15. Verwendung des Schichtverbundwerkstoffes nach Anspruch 1 bis 8 als Kurbelwellenhauptlager.
16. Verwendung des Schichtverbundwerkstoffes nach Anspruch 1 bis 8 als Pleuellager, insbesondere im großen Auge des Pleuels.

Zusammenfassung

Bei Schichtverbundwerkstoffen für Gleitlager oder Buchsen wird angestrebt, bleifreie Gleitschichten anzuwenden. Erfindungsgemäß wird ein Schichtverbundwerkstoff mit einer Trägerschicht, einer Lagermetallschicht (3) aus einer Kupferlegierung oder einer Aluminiumlegierung, einer Nickel-Zwischenschicht (2) einer Dicke $>4 \mu\text{m}$ und einer Gleitschicht (1) aus ca. 0 – 20 Gew.-% Kupfer und/oder Silber und Rest Wismut vorgeschlagen. Die Gleitschicht wird aus einem methylsulfonsauren Elektrolyten galvanisch abgeschieden.



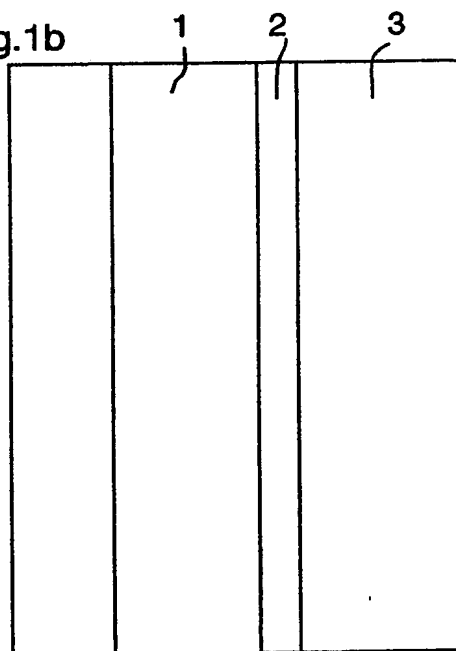
Figur 1a, b

Zusammenfassung

Fig.1a



Fig.1b



BEST AVAILABLE COPY

Fig.1a

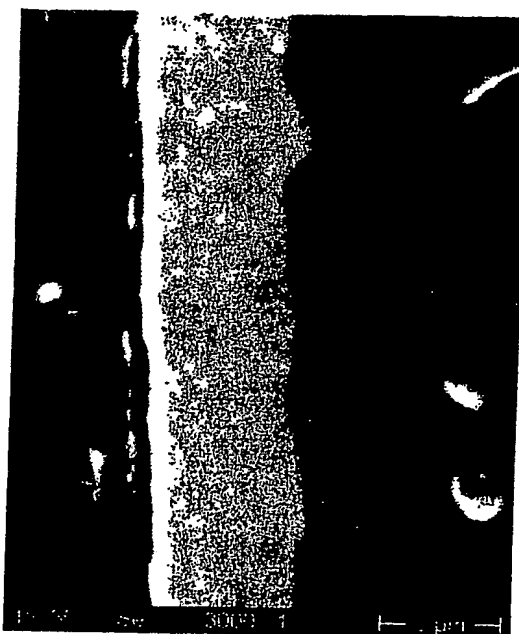


Fig.1b

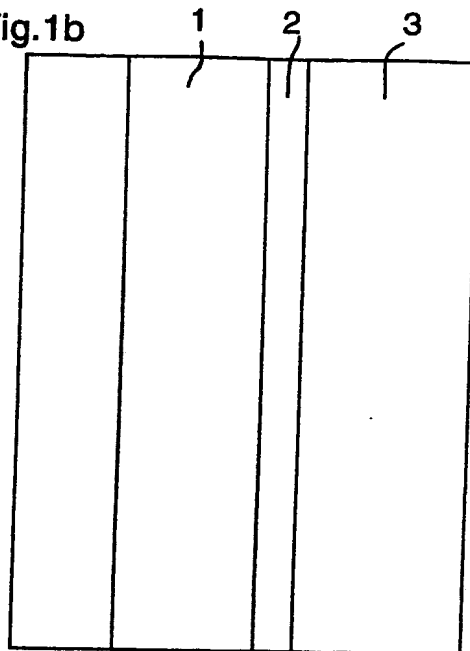


Fig.2a



Fig.2b

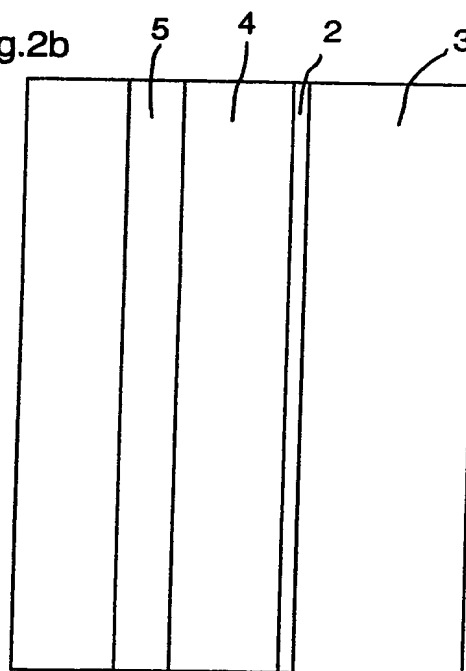
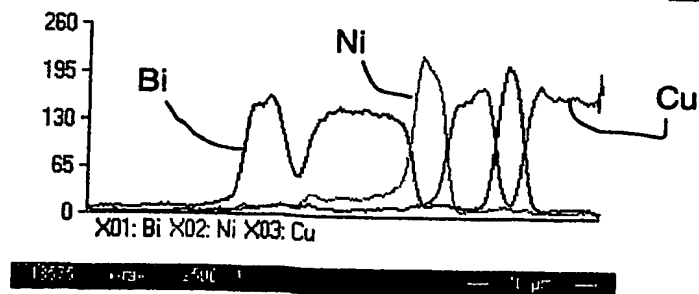


Fig.3



BEST AVAILABLE COPY